

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/4333

30.11.2022 год.
КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Варуна Шарме, дипломираног машинског инжењера

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-752/16 од 12.10.2022. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/3070-22 од 22.09.2022. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Варуна Шарме, дипломираног машинског инжењера, под насловом:

„РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОРОЗНИХ СТРУКТУРА ОД АЛУМИНИЈУМА“

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1 / 1913-9 од 02.07.2020. године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке бр. IV-04-716/7 од 14.10.2020. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Предмет ове докторске дисертације је истраживање могућности производње порозних структура према претходно дефинисаној порозности, уз примену нумеричког моделирања за дизајн геометрије, и одређивање утицаја нивоа и облика порозности на механичке карактеристике елемента, са фокусом на металну пену од алуминијума и легура алуминијума, односно систематско истраживање могућности дефинисаног дизајна алуминијумске пене за структурне примене, за практичну примену код елемената вагона.

Истраживачки рад је имао за циљ да се дефинише производна технологија алуминијумске пене за структурне примене, развије нумерички модел за симулацију

отворене и затворене ћелијске структуре од алуминијума, да се експериментално проуче произведени узорци за валидацију нумеричког модела и одабере најбољи материјал за специфичну реалну примену код лакских вагона. Најважније предности примене алуминијума су његова мала тежина и расположивост материјала, као и цена и могућности рециклаже. Алуминијум се не налази на листи дефицитарних материјала коју је дефинисала Европска Комисија. Овај докторски рад је део пројекта "SELECTA" у оквиру Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network, EU Horizon 2020, и сходно фокусу пројекта базира се на одрживом и еколошком приступу. Током извођења истраживачког рада узимају се у обзир различити економски, социјални и еколошки аспекти.

Генерални циљ истраживања је унапређење метода развоја и карактеризације порозних структура од алуминијума, применом нумеричких модела који треба да подрже и скрате време дизајнирања дефинисаних материјалних структура са жељеним механичким карактеристикама, с аспекта финалне практичне примене (замена пуних материјала порозним структурама са фокусом на добијање лакших елемената вагона). Истраживачки рад има за циљ да симултаним експерименталним и нумеричким методама унапреди постојеће методе дизајна порозних материјала, као и да анализира методе структурне карактеризације порозних структура код којих још увек нису дефинисане стандардне методе експерименталне карактеризације материјалне структуре. Циљ истраживања је и да применом постојећих метода за избор материјала скрати време експерименталних истраживања за усвајање оптималних материјала у практичној примени код лакских вагона.

Резултати ове докторске дисертације као што су дефинисани могући начини производње порозне структуре на бази алуминијума и експерименталне методе за карактеризацију структуре алуминијумске пене, могу послужити фирмама које се баве производњом алуминијумских пена за различите намене. Примењени нумерички модел за симулацију механичког понашања алуминијумске пене са отвореним и затвореним порима и утицаја порозности на механичко понашање, може се користити за креирање различитих виртуелних модела порозних структура и од других материјала. Преглед и примена неколико метода за избор материјала коришћењем алата за вишекритеријумску оптимизацију и одлучивање (MCDM) може се користити за ефикаснији избор материјала за структурне апликације.

2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Варуна Шарме (Varun Sharma), маг. инж., под насловом „Развој и карактеризација порозних структура од алуминијума“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата у научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Производно машинство, применом експерименталних и нумеричких поступака, а односи се на развој, карактеризацију и нумеричку симулацију порозних алуминијумских пена са освртом на примену код елемената вагона. Узевши у обзир предмет истраживања и добијене

експерименталне и нумеричке резултате, ова докторска дисертација представља јединствен научни рад.

Алуминијске пене су постале предмет истраживања током последњих година због својих јединствених физичких и механичких карактеристика у поређењу са пуним металним материјалима. Мала тежина и добре особине при ударним контактима поред осталих материјалних карактеристика утицали су на широка истраживања тих материјала, а посебно за примене које захтевају апсорпцију енергије и вибрација при удару. Аутомобилска индустрија користи алуминијумске пене у изради низа значајних елемената. Пене на бази алуминијума са затвореном порозности омогућавају различити дизајн материјала у зависности од коначног производа. Њихове примене су широке и значајна пажња посвећена је побољшању њихових карактеристика, посебно у применама као што су апсорбери енергије у аутомобилској и железничкој индустрији. Истражују се производне технологије таквих материјала, са циљем контроле величине и дистрибуције пора унутар структуре материјала. Нумеричке методе и анализа су значајна подршка у дизајну материјала, карактеризацији и предвиђању материјалних карактеристика током примене самог материјала. Њихова примена за порозне структуре започела је у последњој деценији, али још увек је у почетној фази развоја материјалних модела. Постоји више метода за анализу и моделирање алуминијумских пена отворених и затворених порозних структура, али коначни модели не постоје за велики број специфичних апликација. У последњих неколико година се код креирања 3D модела порозне структуре почео да испитује Voronoi Tessellation метод. Студије су показале да се применом тродимензионалних Voronoi Tessellation модела могу анализирати директне везе између механичких карактеристика и параметара порозне структуре.

У оквиру ове дисертације развијен је модел за нумеричку симулацију механичког понашања алуминијумске пене са отвореним и затвореним порама заснован на Voronoi моделу (Voronoi Tessellated Model, VTM) и утицаја порозности на механичко понашање, као и за нумеричко генерисање порозне структуре отворених пора. Развијени модел је примењен за проучавање механизма деформације код порозних алуминијумских структура. Реализовано је истраживање могућности производње порозних структура према претходно дефинисаној порозности и одређене су методе производње порозне структуре на бази алуминијума. Експериментално су произведени узорци алуминијумске пене применом ALUHAB производне технологије. Дефинисане су експерименталне методе за карактеризацију структуре алуминијумске пене и произведени узорци алуминијумске пене су примењени за механичка експериментална испитивања. Произведени узорци су експериментално испитивани различитим методама, као што су тестови на притисак који су омогућили разумевање понашања материјала под оптерећењем (еластични, пластични одзив и појава лома), у зависности од утицаја нивоа порозности, величине, облика и распореда пора и другог. Реализована је и експериментална триболошка студија узорака, са циљем дефинисања триболошких својстава порозне структуре од легуре алуминијума.

Микро ЦТ скенирање (микро компјутерска томографија) је примењено за карактеризацију експерименталних узорака алуминијумске пене и валидацију

развијеног нумеричког модела. ЦТ скенирањем је одређен запремински распоред материјала у порозној структури материјала. Добијени експериментални резултати послужили су као улазни подаци у нумеричкој симулацији понашања порозних материјала. Реализована је нумеричка анализа методом коначних елемената са фокусом на еластичне, еласто-пластичне и пластичне карактеристике и понашање развијеног порозног материјала.

Реализовано је истраживање могућности дефинисаног дизајна алуминијумске пене за структурне примене, за практичну примену код елемената вагона. Добијени експериментални и нумерички резултати, као и постојећа научна литература, омогућила је финално истраживање примене вишекритеријумске анализе при избору материјала за структурне апликације код железничких вагона, укључујући и порозне структуре од алуминијума. Анализирано је више метода вишекритеријумског избора материјала и шест врста материјала, у поређењу са алуминијумском пеном, као и више утицајних критеријума: TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) и VIKOR (Višekriterijumska optimizacija i kompromisno rešenje). Циљ истраживања био је проналажење најбољег оптималног материјала за лаке железничке вагоне.

Због свега наведеног, Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације отварају простор и правце за даља истраживања у овој научној области, јер реализована нумеричка и експериментална истраживања и карактеризација порозних материјалних структура имају велики потенцијал и могу допринети развоју напредних порозних структура од алуминијума, као и већој и значајнијој практичној примени порозних структура у различитим областима примене, укључујући и структурне материјале у области шинске индустрије.

3. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Варуна Шарме, маг. инж., под насловом „Развој и карактеризација порозних структура од алуминијума“ представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области. На основу експерименталних резултата и резултата приказаних у докторској дисертацији добијених нумеричком анализом на примеру порозних материјала са структурама отворених и затворених пора, може се закључити да дисертација представља оригинални научни рад. Кандидат је детаљно анализирао доступне литературне изворе из разматране области. Утврдио је да је област порозних материјала са отвореним и затвореним порима недовољно разматрана.

На основу детаљног прегледа и анализе научних радова из области докторске дисертације може се закључити да постоје значајне фундаменталне разлике у односу на друга научна истраживања, па је у том смислу докторска дисертација оригинална.

Оригиналност научног рада, истраживања и добијених резултата у оквиру ове дисертације огледа се у следећем:

- Реализована је нумеричка симулација механичког понашања алуминијумске пене са отвореним и затвореним порама са примењеним Voronoi моделом (Voronoi Tessellated Model, VTM), чиме је омогућено испитивање утицаја порозности на механичко понашање, као и нумеричко генерисање порозне структуре отворених пора које могу опонашати различите природно постојеће структуре. Реализована је нумеричка анализа методом коначних елемената са фокусом на еластичне, еласто-пластичне и пластичне карактеристике порозног материјала.
- Експериментално су произведени узорци алуминијумске пене применом нове, напредне ALUHAB производне технологије која се комерцијално примењује, чиме је омогућено експериментално испитивање реалних порозних структура и ефикасна валидација нумеричких резултата.
- Микро ЦТ скенирање (микро компјутерска томографија) је примењено за карактеризацију експерименталних узорака алуминијумске пене и валидацију развијеног нумеричког модела, чиме је истраживана нова технологија и могућности тродимензионалне експерименталне карактеризације материјала у развоју напредних материјалних структура, као што су дизајниране порозне структуре. Утврђен је директан утицај облика, величине и дистрибуције пора на механичке карактеристике материјала. Добро слагање експерименталних резултата са резултатима модела показало је исправност теоријских претпоставки и оправдало формулисање модела.
- Анализирано је више метода виšekритеријумског избора материјала и шест врста материјала, у поређењу са алуминијумском пеном, као и више утицајних критеријума: TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) и VIKOR (Višekriterijumska optimizacija i kompromisno rešenje), чиме је потврђена теоријска могућност дефинисаног дизајна алуминијумске пене за структурне примене, за практичну примену код елемената вагона
- Кандидат је, у складу са научним принципима, детаљно систематизовао и реализовао нумеричка и експериментална испитивања порозних узорака две врсте: структуре материјала са отвореним порама и са затвореним порама, што представља основу за даљи развој порозних структура са дефинисаним механичким карактеристикама, као и метода карактеризације порозних материјала.
- Оригиналним радом кандидат је дошао до резултата који показују зависност материјалних параметара порозности и механичких карактеристика функционалног елемента.

Потврђивањем постављених хипотеза, изведено је једно обимно истраживање тачне корелације између структурних и физичких карактеристика порозних структура алуминијума и финалних механичких карактеристика, као и утицаја процесних параметара у производњи порозних структура на финалне функционалне карактеристике елемента. Кандидат је дошао до актуелних и оригиналних научних резултата који налазе примену у пракси.

4. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној области

4.1 Биографија кандидата

Варун Шарма је средњошколско образовање стекао у Индији 2006. године. Завршио је основне студије на Машинском факултету Punjab Technical University, Jalandhar (Индија) од 2006-2010. Током основних студија, 6 месеци био је на обавезној пракси у индустрији у компанији TATA Steel (бивши Bhushan Power and Steel Limited, Индија), у оквиру одељења за топло и хладно ваљање. Након завршених основних студија, радио је као инжењер машинства у Индијској служби војне технике у оквиру Nitasha Constructions у постројењу за пречишћавање воде.

2011. године уписао је Мастер студије на Ернст Абе Универзитету примењених наука (Ernst Abbe University of applied science, Scientific Instrumentation), Јена, Немачка. Током мастер студија провео је шестомесечно истраживачко стажирање у TATA Steel (Холандија) од јула 2013. до децембра 2013. Тема практичног мастер рада била је „Распрострањеност величине поре и ефекта инфилтрације врућег метала на ватросталну циглу у високој пећи” и реализована је у оквиру заједничког пројекта између RHJ AG и Универзитета Леобен (University of Leoben), Аустрија, од јануара 2014. до јуна 2014. године. Примао је OEAD стипендију током израде мастер рада. Задатак рада је био експериментално тестирање и FEM/FEA анализа како би се утврдио утицај облика узорка на понашање узорка под притиском приликом испитивања на хладно. Мастер студије завршио је у јулу 2014. године, са просечном оценом 2.2.

Од октобра 2015. до октобра 2018. године, радио је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, као истраживач у оквиру SELECTA пројекта, грант бр. 642642 - SELECTA - H2020-MSCA-ITN-2014, који је финансиран од стране Европске комисије из програма Horizon 2020, фондације Marie Sklodowska-Curie. Докторске академске студије (ДАС) је уписао школске 2015/16. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом. Део експерименталних испитивања и производње узорака, реализована су код партнера из индустрије - компанија ALUINVENT, Мађарска. У склопу реализованих активности прикупљена је литература и реализован је део истраживања из области теме докторске дисертације, на основу којих су публиковани радови.

4.2 Референце кандидата

Кандидат је до сада као аутор или коаутор до сада објавио 10 научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима. Објављени радови кандидата су:

Рад у истакнутом међународном часопису - категорија M21

1. Sharma, V.; Zivic, F.; Grujovic, N.; Babcsan, N.; Babcsan, J. Numerical Modeling and Experimental Behavior of Closed-Cell Aluminum Foam Fabricated by the Gas Blowing Method under Compressive Loading. *Materials* 2019, 12, 1582, ISSN: 1996-1944
2. Sharma, V.; Grujovic, N.; Zivic, F.; Slavkovic, V. Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam. *Materials* 2019, 12, 1041, ISSN: 1996-1944

Саопштења са међународног скупа штампана у целини - категорија M33

1. Sharma, V.; Zivic, F.; Grujovic, N.; Jovanovic, Z. Computer Aided Geometric Design in modelling of 3D Composites. *SERBIATRIB, Kragujevac, Serbia 2019.*, Kragujevac, Serbia, 15 – 17 May 2019., pp. 133-139, ISSN: 2620-2832
2. Slavkovic, V.; Palic, N.; Sharma, V.; Grujovic, N.; Zivic, F.; Mori – Tanaka Method in characterization of composite structures. *SERBIATRIB, Kragujevac, Serbia 2019.*, Kragujevac, Serbia, 15 – 17 May 2019., pp. 84-89, ISSN: 2620-2832
3. Sharma, V.; Palic, N.; Zivic, F.; Grujovic, N. Production of Metallic foam and its mechanical Properties. *SPMS - ICPE-S, 37th International Conference on Production Engineering, Serbia 2018.*, 26. october 2018, Kragujevac, Srbija, pp. 302-306, ISBN 978-86-6335-057-1
4. Palic, N.; Sharma, V.; Zivic, F. Tribology study of aluminium based foam. *13th international scientific conference MMA – Flexible technology 2018, 13th International Scientific Conference, Novi Sad, Serbia, September 28 - 29, 2018.*, pp. 149-152, ISBN 978-86-6022-094-5
5. Lekovic, K.; Sharma, V.; Grujovic, N.; Adamovic, D.; Mitrovic, S.; Zivic, F. High Friction Coefficient Material. *SERBIATRIB, 15th International Conference on Tribology, Kragujevac, Serbia, 17 – 19 May 2017.*, pp. 128-135, 2017., ISBN 978-86-6335-041-0
6. Palic, N.; Sharma, V.; Grujovic, N.; Mitrovic, S.; Zivic, F. Friction factor of the fluid flow through porous media. *SERBIATRIB, 15th International Conference on Tribology, Kragujevac, Serbia, 17 – 19 May 2017.*, pp.42-50, 2017, ISBN 978-86-6335-041-0
7. Zivic, F.; Grujovic, N.; Sharma, V.; Bukvic, L. Tribo corrosion - Corrosion in the presence of mechanical loading. *XVI YUCORR International Conference 2016.*, 12 - 15 april, Tara, 2016, ISBN 978-86-82343-24-0

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - категорија M34

1. Sharma, V.; Grujovic, N.; Zivic, F.; Adamovic D., Vasiljevic B., Numerical modeling of porous PMMA bone cement under compressive loading, *International Conference on Biomaterials, BioEngineering & BioTheranostics, BioMET 2018, 24th - 28th July*

5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Варуна Шарме, магистар инжењерских наука, под насловом „Развој и карактеризација порозних структура од алуминијума“, одговара по садржају теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 02.07.2020. (број одлуке: 01-1/ 1913-9) и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаног 14. 10. 2020. (број одлуке: IV-04-716/7). Ова докторска дисертација по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација. Наслов докторске дисертације, урађена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Дисертација је написана на 102 стране, садржи 26 слика и 29 табела, а цитирано је 217 библиографска податка.

Дисертација је организована у 8 поглавља, и то:

1. Увод;
2. Преглед литературе и досадашњих истраживања;
3. Дизајн порозне структуре;
4. Експериментална испитивања;
5. Избор материјала коришћењем алата за одлучивање (MCDM);
6. Резултати и дискусија;
7. Закључак
8. Литература;

Поглавље 1 приказује уводна разматрања проблема, предмет истраживања и циљ рада, уз релевантан преглед литературе у области алуминијумских пена. У овом поглављу су такође истакнути доприноси дисертације, као и њена организациона структура.

У Поглављу 2 приказан је преглед порозних структура и металних пена, као и производне технологије за добијање истих.

У Поглављу 3 наведене су, врсте метода за дизајн порозних структура, са детаљно објашњеним моделима порозних структура са отвореном и затвореном порозности, као и нумеричко моделирање ове две врсте металних пена.

У Поглављу 4 приказана су експериментална испитивања. Представљена је производња алуминијумских порозних пена, као и начини могуће карактеризације узорака, укључујући микро ЦТ тродимензионално скенирање. Детаљно су објашњена механичка испитивања и триболошки тестови.

У Поглављу 5 представљене су методе за избор материјала за примену код железничких вагона коришћењем алата за одлучивање (MCDM). Детаљно је приказано четири методе вишекритеријумске анализе примењене на шест врста материјала који се користе у изради елемената железничких вагона.

У Поглављу 6 су анализирани резултати експерименталних испитивања, нумеричког моделирања реалних алуминијумских пена са отвореном и затвореном порозном структуром, као и резултати за избор материјала применом вишекритеријумске анализе. Приказан је избор оптималног материјала за елементе железничких вагона.

У Поглављу 7 дата су закључна разматрања и предочени коначни закључци о различитим аспектима представљене дисертације, као и дискусија о правцима будућих истраживања.

6. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Варун Шарма, маг. инж., је у оквиру своје докторске дисертације систематизовао и детаљно анализирао досадашња постојећа знања и искуства из области производног машинства и експерименталног испитивања порозних алуминијумских пена. У оквиру рада на докторској дисертацији, кандидат је дошао до резултата и закључака који су од научног значаја, а могу имати и практичну примену. Најважнији научни резултати ове докторске дисертације су:

- Формулисан је приступ нумеричком моделирању алуминијумске пене са отвореним и затвореним порама, применом Voronoi модела (Voronoi Tessellated Model, VTM), чиме је омогућено испитивање утицаја порозности на механичко понашање, као и нумеричко генерисање порозне структуре отворених пора које могу oponaшати различите природно постојеће структуре.
- Нумерички модел базиран на Voronoi моделу је примењен за верификацију експерименталних резултата добијених у оквиру истраживања, као и доступних експерименталних резултата у литератури.
- Развијен је приступ карактеризацији порозних материјала применом микро ЦТ скенирања (микро компјутерска томографија), чиме је утврђен директан утицај облика, величине и дистрибуције пора на механичке карактеристике материјала.
- Реализован је избор оптималног материјала за израду лаких елемената железничких вагона, са одговарајућим механичким карактеристикама, упоредном применом и анализом четири различите методе вишекритеријумског избора материјала и шест врста материјала, у поређењу са алуминијумском пеном, као и више утицајних критеријума. Тиме је потврђена теоријска могућност дефинисаног дизајна алуминијумске пене за структурне примене.

Научни резултати докторске дисертације верификовани су објављивањем 2 рада у истакнутом међународном часопису категорије M21.

7. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Варуна Шарме, маг. инж., под насловом „Развој и карактеризација порозних структура од алуминијума“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси. Развијена методологија нуди низ значајних резултата како на пољу експеримената, тако и у области развоја порозних материјалних структура.

Нумерички резултати и експериментална испитивања и добијени резултати у вишекритеријумском избору материјала представљају значајан теоријски допринос сазнањима о развоју и карактеризацији порозних структура, посебно јер су подаци у доступној литератури оскудни и ограничени. Порозне материјалне структуре су препознате као важна област научног истраживања, али је њихова карактеризација и посебно дефинисање корелације физичких и структурних материјалних карактеристика са финалним механичким и функционалним понашањем углавном недостајуће у литератури и пракси.

Доступни резултати из литературе показују да је примена резултата добијених у области развоја и карактеризације порозних структура од алуминијума корисна у пракси. Даља примена развијене методологије омогућава позитиван утицај у области даљег развоја порозних материјала са отвореном и затвореном ћелијском структуром.

Експериментална и нумеричка методологија, представљена у оквиру дисертације, је општег карактера и може се применити на све материјале које одликује структурна порозност.

8. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата кандидата је већ верификован објављивањем научно-стручних радова у врхунским међународним часописима и међународним конференцијама. Кандидат је као непосредни резултат рада на дисертацији објавио два рада, под називом „*Numerical Modeling and Experimental Behavior of Closed-Cell Aluminum Foam Fabricated by the Gas Blowing Method under Compressive Loading*“ и „*Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam*“ у истакнутим међународним часописима (категорије M21) који су у директној вези са истраживањима која је обављао током израде дисертације. У овим радовима кандидат је приказао део методологије, развијене у оквиру дисертације, а која се односи на нумеричко моделирање и симулације порозних структура, израду експерименталних узорака и њихову експерименталну карактеризацију. Поред наведеноих радова, кандидат је објавио радове на међународним конференцијама (категорије M33) под насловом „*Tribology study of aluminium based foam*“ и „*Friction factor of the fluid flow through porous media*“, који су

такође настали као резултат рада на докторској дисертацији а у којим је представљено испитивање триболошких карактеристика алуминијумске пене. Такође је нумерички симулирано трење при протицању течности кроз порозне структуре. Рад који је такође објављен на конференцији (категорија М33) под насловом „*Production of Metallic foam and its mechanical Properties*“ бави се прегледом актуелних производних технологија које се користе у производњи металних пена отворене и затворене порозности.

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним часописима и на међународним научним скуповима који се баве проблемима развоја и механичке карактеризације порозних материјала.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Варуна Шарме, маг. инж., под насловом „**Развој и карактеризација порозних структура од алуминијума**“, одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу свог рада користио одговарајућу стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способности системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Варун Шарма, маг. инж., и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.



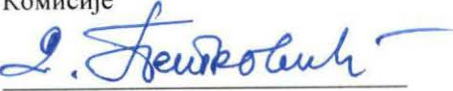
На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Варуна Шарме, маг. инж., предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

**„РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ПОРОЗНИХ СТРУКТУРА ОД
АЛУМИНИЈУМА“**

прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу и Нишу, 03. 11. 2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
др **Петар Тодоровић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Производно машинство, председник Комисије
2. 
др **Вукашин Славковић**, доцент, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Примењена информатика у инжењерству, члан Комисије
3. 
др **Душан Петковић**, доцент, Машински факултет, Универзитет у Нишу, ужа научна област: Производни системи и технологије, члан Комисије